

SÉRIE A, N° 1388

N° D'ORDRE

2253

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

A. RUDEANU

**2^e THÈSE. — ÉTUDE DES TEMPS DE RÉACTION VISUELS EN FONCTION
DE QUELQUES CONTRASTES.**

Soutenues le 25 Février 1933 devant la Commission d'Examen

Président : M. LAPICQUE.

Examineurs : { MM. P. PORTIER.
H. LAUGIER

Extrait du *Travail Humain*

PARIS
IMPRIMERIE CHANTENAY
15, RUE DE L'ABBÉ-GRÉGOIRE, 15

1933

SÉRIE A, N° 1388

N° D'ORDRE

2253

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

A. RUDEANU

**2^e THÈSE. — ÉTUDE DES TEMPS DE RÉACTION VISUELS EN FONCTION
DE QUELQUES CONTRASTES.**

Soutenues le 25 Février 1933 devant la Commission d'Examen

Président : M. LAPICQUE.
Examineurs : { MM. P. PORTIER.
H. LAUGIER

Extrait du *Travail Humain*

PARIS
IMPRIMERIE CHANTENAY
15, RUE DE L'ABBÉ-GRÉGOIRE, 15

1933

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen..... C. MAURAIN, *Professeur*, Physique du Globe.

Doyen honoraire..... M. MOLLIARD.

Professeurs honoraires. { H. LE CHATELIER. ÉMILE PICARD.
H. LEBESGUE. RÉMY PERRIER.
A. FERNBACH. LÉON BRILLOUIN.
A. LEDUC. A. DEREIMS.

Professeurs E. GOURSAT Analyse supérieure et algèbre supérieure.
P. JANET..... Électrotechnique générale.
F. WALLERANT..... Minéralogie.
P. PAINLEVÉ..... Mécanique analytique et mécanique céleste.
M. CAULLEY Zoologie (Évolution des êtres organisés).
ÉMILE BOREL Calcul des probabilités et Physique mathém.
H. ABRAHAM..... Physique.
M. MOLLIARD Physiologie végétale.
E. CARTAN Géométrie supérieure.
GABRIEL BERTRAND..... Chimie biologique.
JEAN PERRIN..... Chimie physique.
L. LAPICQUE Physiologie générale.
M^{me} P. CURIE Physique générale et radioactivité.
G. URBAIN Chimie générale.
L. MARCHIS Aviation.
E. VESSIOT..... Théorie des fonctions et théorie des transformations.
A. COTTON Physique générale.
J. DRACH Application de l'analyse à la géométrie.
CHARLES FABRY Physique.
R. LESPIEAU..... Théories chimiques.
P. PORTIER..... Physiologie comparée.
CHARLES PÉREZ Zoologie.
E. BLAISE Chimie organique.
P.-A. DANGEARD Botanique.
LÉON BERTRAND Géologie structurale et géologie appliquée.
E. RABAUD Biologie expérimentale.
G. JULIA Calcul différentiel et calcul intégral.
PAUL MONTEL..... Mécanique rationnelle.
V. AUGER Chimie appliquée.
P. WINTREBERT..... Anatomie et histologie comparées.
O. DUBOSCO Biologie maritime.
EUGÈNE BLOCH Physique théorique et physique céleste.
N..... Étude des combustibles.
L. LUTAUD Géographie physique et géographie dynam.
HENRI VILLAT Mécanique des fluides et applications.
CH. JACOB Géologie.
P. PASCAL..... Chimie minérale.
E. ESCLANGON..... Astronomie.
H. BÉNARD Mécanique expérimentale des fluides.
C. MAUGUIN Minéralogie.
L. BLARINGHEM..... Botanique.
A. GUILLIERMOND Physique (P. C. N.).
A. DENJOY Mathématiques générales.
A. DUFOUR Physique (P. C. N.).
H. BÉGHIN Mécanique physique et expérimentale.
DE BROGLIE Théories physiques.

E. PÉCHARD Chimie (Ens. P. C. N.).
A. GUILLET Physique.
M. GUICHARD Chimie minérale.
A. MICHEL-LÉVY Pétrographie.
H. MOUTON Chimie physique.
L. DUNOYER Optique appliquée.
M. JAVILLIER Chimie biologique.
ROBERT-LÉVY .. Zoologie.
A. DEBIERNE Radioactivité.
E. DARMOIS Physique.
G. BRUHAT Physique.
F. PICARD..... Zoologie (Évolution des êtres organisés).
L. JOLEAUD Paléontologie.
M. FRÉCHET..... Calcul des Probabilités et Physique mathématique.
M^{me} RAMART-LUCAS..... Chimie organique.

FOCH Mécanique expérimentale des fluides.
PAUTHENIER. Physique (P. C. N.).
VILLEY..... Mécanique physique et expérimentale.
LABROUSTE .. Physique du Globe.
FREUNDLER . Chimie (P. C. N.).
PRENANT Zoologie.
P. JOB..... Chimie générale.
CHRÉTIEN..... Optique appliquée.
BOHN..... Zoologie (P. C. N.).
COMBES..... Sciences naturelles (P. C. N.)
GARNIER Mécanique rationnelle.
PERES..... Mécanique des fluides.
LAUGIER Physiologie générale.
TOUSSAINT ... Technique aéronautique.
HACKSPILL... Chimie (P. C. N.).

Secrétaire : A. PACAUD.

Secrétaire honoraire : D. TOMBECK.



A mon maître

HENRI LAUGIER

*Professeur à la Sorbonne et au Conservatoire National
des Arts et Métiers.*

EN SIGNE DE RECONNAISSANCE
ET D'ATTACHEMENT RESPECTUEUX.

Le Professeur Henri Laugier nous a fait l'honneur de nous confier le sujet de cette deuxième thèse ; il a mis à notre disposition le Laboratoire de Physiologie du Travail du Conservatoire des Arts et Métiers avec tout l'appareillage nécessaire à nos recherches. Il a tenu constamment à suivre par lui-même la marche de nos expériences en vérifiant à de nombreuses reprises soit l'instrumentation utilisée, soit la technique de nos déterminations. De plus, il a bien voulu nous donner une foule de conseils et d'indications nécessaires à la mise au point de notre travail. Nous tenons donc à renouveler ici tous les remerciements exprimés dans la préface de notre première thèse, en l'assurant une fois de plus de notre profonde reconnaissance.

M. A. Fessard, directeur adjoint au Laboratoire de Psychologie Physiologique, avec la vaste connaissance qu'il possède des problèmes statistiques, a bien voulu diriger la partie mathématique de ce travail et nous guider dans le choix des différentes normes à employer. Nous le prions donc de recevoir nos remerciements les plus chaleureux.

Le docteur R. Faillie, MM. R. Jonnard et H. Vial ont collaboré avec nous à la partie technique de ces recherches ; c'est donc un devoir pour nous de les remercier pour toute l'aide qu'ils ont bien voulu nous apporter.

LES TEMPS DE RÉACTION VISUELS EN FONCTION DE QUELQUES CONTRASTES

INTRODUCTION

Les temps de réaction ont donné lieu, durant ces trente dernières années, à un nombre considérable de travaux de tous genres, qui, souvent, apportent des résultats assez contradictoires et difficiles à interpréter et ceci au point que quelques auteurs hésitent à leur attribuer une signification.

Quoi qu'il en soit, il semble bien qu'à l'heure actuelle l'opinion émise par Claparède en 1925 garde encore sa valeur quant aux problèmes posés par l'étude de ces temps. Ainsi l'existence de différences individuelles ne paraît pas douteuse, de même que la variation des temps de réaction d'un sujet donné, sous diverses influences (fatigue, agents pharmacologiques, etc.).

Le Professeur Henri Laugier nous a proposé d'étudier dans son laboratoire l'influence de certains contrastes expérimentaux en fonction de l'éclairement sur les temps de réaction visuels. Il n'y a pas, à notre connaissance, de recherches antérieures ayant trait à ce problème. Néanmoins, on peut signaler les recherches de Thos N. Jenkins, de 1926, et le travail de Pottevin et Faillie, de 1928, ayant une analogie, assez vague d'ailleurs, avec nos propres expériences.

Jenkins a examiné l'effet d'un stimulus auditif sur les temps de réaction visuels dont le signal était donné par l'apparition ou la disparition d'une lumière monochromatique à intensité réglable. Dans ces conditions, l'auteur a constaté que les temps de réaction pour le passage de la lumière à l'obscurité (obscurisation) sont plus courts que ceux obtenus à l'illumination. Il semble qu'un stimulus sonore continu exerce une action facilitante. Les temps les plus courts sont obtenus pour passage de la lumière à l'obscurité et début du son, puis illumination et début du son, ensuite passage de la lumière à l'obscurité et cessation du son, illumination et cessation du son.

Le travail de Pottevin et Faillie porte sur les variations des temps de réaction en fonction de l'éclairement : il y a une décroissance du temps depuis 0 sec. 32 (avec éclairement de 0,7 lux) jusqu'à 0 sec. 20 (30 lux) et 0 sec. 19 (140 lux). La courbe de décroissance du temps a donc l'allure classique.

TECHNIQUE

Nous avons étudié l'influence de certaines conditions expérimentales (contrastes et variations d'éclairement) sur les temps de réaction visuels ; ces temps de réaction étaient mesurés après des temps d'attention systématiquement différents. Le signal de la réaction visuelle était donné par le départ de l'aiguille d'un chronoscope à cadran amovible permettant ainsi de faire intervenir les contrastes ; ce même chronoscope indiquait, par l'arrêt de son aiguille, les temps de réaction du sujet. Un deuxième chronoscope posé devant l'opérateur servait à la détermination des temps d'attention. Le premier de ces appareils étant d'un type spécial, nous en ferons d'abord une description détaillée ; dans un deuxième paragraphe, nous décrirons ensuite l'ensemble du montage instrumental ayant servi dans nos déterminations ; enfin, en troisième lieu, nous montrerons la marche de nos expériences.

I. — *Chronoscope électrique fonctionnant sur le secteur alternatif.* Cet appareil a été spécialement construit afin d'éviter les manœuvres successives imposées au sujet avec les anciens appareils. Une description complète en a été donnée dans la revue *Le Travail Humain* (1933), par MM. Faillie et Jonnard. La partie motrice est constituée par une roue phonique fonctionnant directement sur le secteur alternatif 110 volts, 50 périodes. L'aiguille est commandée par un système d'électro-aimants à caractéristiques très faibles. Le schéma des connexions internes est représenté par

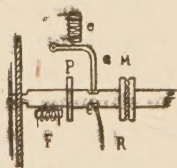


FIG. 1.

la figure 2. Le secteur est amené aux fiches *xy* ; les bornes 1 et 2 sont en connexion avec les 2 pôles d'un accumulateur de 4 volts dont on pourra envoyer le courant dans différents électro-aimants. L'axe de l'aiguille glissant dans ses coussinets a une course d'environ 1 mm. 5 ; il présente une encoche C (fig. 1) où vient s'encaster un cliquet qui, au repos, le maintient débrayé. Pour faire démarrer l'aiguille, il suffit de lancer dans l'électro-aimant *e* (en fermant le circuit entre 7 et 8) un courant pendant une fraction de centième de seconde ; le cliquet est alors soulevé et l'axe, repoussé par un ressort *R*, vient s'embrayer avec une roue *M* garnie de feutre et entraînée par la roue phonique. Pour arrêter l'aiguille, on ferme

le contact entre les bornes 5 et 6 ; les électro-aimants F et F' attirent alors le plateau P ; l'axe est ainsi débrayé et le cliquet C retombe dans son encoche.

La présence du cliquet est rendue nécessaire par le fait que la remise à 0 de l'aiguille du chronoscope est automatique ; en effet, si l'on établit le contact entre les bornes 3 et 4, l'électro-aimant G attire un levier venant s'appuyer sur une came en forme de cœur de carte à jouer, cœur qui est porté par l'axe de l'aiguille. Remarquons que, pour que cette manœuvre s'effectue, il faut que les électro-aimants F et F' continuent à agir et maintiennent débrayé l'axe de l'aiguille.

Vérification. — Le fonctionnement régulier du chronoscope et la vérification des temps donnés par l'aiguille ont été contrôlés au Laboratoire de Physiologie du Conservatoire National des Arts et Métiers. Pour cela, on enregistrait simultanément le temps au moyen d'un diapason entretenu par lampes triodes et les moments exacts de fermeture des contacts (ceci à l'aide de l'oscillographe de Dubois). Dans ces conditions, les temps donnés par le diapason et enregistrés sur des bandes photographiques et la lecture des graduations de l'aiguille ont donné des chiffres rigoureusement superposables. Le fonctionnement de l'appareil étant très satisfaisant, nous l'avons utilisé systématiquement dans toutes nos déterminations.

II. — *Montage d'ensemble.* Le premier appareil est en relation avec un chronoscope d'Arsonval servant à la mesure des temps d'attention ; il est placé à proximité de l'opérateur. Les connexions entre les 2 chronoscopes sont représentées par la figure 2. On voit que le chronoscope mécanique est en relation avec l'un des pôles de la source auxiliaire (4 volts), d'autre part avec le contact 1 de la clef de Morse A. Le deuxième contact de cette clef commande à la fois les électro-aimants du signal auditif (cloche) et d'un relais dont le circuit d'utilisation est en relation d'une part avec le contact 1 de cette même clef, d'autre part avec le contact 4 d'une deuxième clef de Morse B et avec le plot n° 7 du chronoscope électrique.

Le contact médian de A est relié à la partie homologue de la deuxième clef de Morse B, qui est elle-même en relation avec le deuxième pôle de l'accumulateur de 4 volts. La borne 3 de la clef B commande la remise à 0 de l'aiguille du chronoscope électrique en agissant sur l'électro-aimant G, en passant par le plot n° 3 de ce chronoscope. Le deuxième contact 4 de cette clef de Morse B est en relation avec le circuit d'utilisation du relais et avec la borne 1 de la première clef.

Quand l'opérateur appuie sur la clef A, le contact s'établit avec le plot 2 ; le chronoscope d'Arsonval mis hors circuit démarre et le courant, lancé dans le circuit de la sonnette, déclenche le signal auditif d'attention ; en même temps, le relais fonctionne en fermant le contact en C et prépare ainsi la manœuvre suivante. En effet, en mettant la clef B sur le plot 4, le courant se rétablit dans le chronoscope mécanique dont l'aiguille

s'arrête sur un chiffre indiquant le temps d'attention. En même temps, la came de remise à 0 du chronoscope électrique est libérée et le courant, lancé à travers le relais C (fermé à ce moment-là par la manœuvre précédente), agit sur l'électro-aimant E pour soulever le petit cliquet qui permet le départ de l'aiguille, fournissant ainsi le signal de réaction. Dès que le sujet voit partir cette aiguille, il doit appuyer le plus vite possible sur une presselle qu'il tient à la main ; le contact étant ainsi établi entre les bornes 5 et 6 du chronoscope électrique, l'aiguille s'arrête sur un chiffre indiquant le temps de réaction. Lorsque l'opérateur cesse toute action sur les clefs A et B, les contacts se rétablissent : a) en 1, pour maintenir

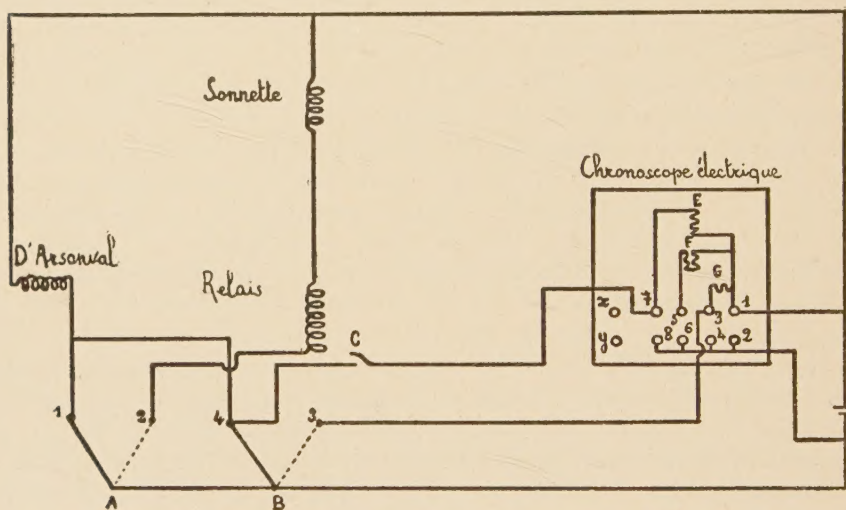


FIG 2.

le d'Arsonval arrêté et permettre le relâchement du relais ; b) en 3, pour établir le contact entre les plots 3 et 4 du chronoscope d'Arnaud et remettre ainsi son aiguille au zéro.

III. — *Marche des expériences.* Le chronoscope électrique est placé sur une table devant le sujet qui tient à la main la presselle qui commande l'arrêt de l'aiguille. A proximité se trouve le signal d'attention constitué, comme on l'a déjà dit, par une cloche électrique. Dans une pièce adjacente, l'opérateur a devant lui le chronoscope de d'Arsonval et les deux clefs de Morse. Aussitôt qu'on fait retentir le signal d'attention, le sujet regarde l'aiguille du chronoscope électrique et se tient prêt à appuyer sur la presselle. On fait en moyenne 100 déterminations par séance et par sujet. Les temps d'attention ont varié de 1 à 200 centièmes de seconde et ont été divisés en tranches de 10 centièmes ; on prend donc 5 mesures de temps de réaction par tranche. Les différentes déterminations successives sont séparées par des intervalles allant d'une demi-minute à une minute.

Nos expériences ont porté sur 4 sujets sur lesquels nous avons étudié l'influence des contrastes expérimentaux (aiguille noire sur cadran blanc et sur cadran noir) en fonction de deux éclairagements différents de la pièce où l'on faisait les déterminations.

L'éclairément de cette pièce était obtenu par lumière indirecte fournie par quatre coupes opaques munies chacune de deux séries différentes de lampes, à savoir :

a) Première série : 4 lampes de 75 watts (75 watts par coupe) donnant 300 watts au total. L'éclairément vertical au niveau du cadran était de 12 lux, l'éclairément horizontal atteignant 28 lux.

b) Deuxième série : 4 lampes de 300 watts (1.200 watts au total) donnant un éclairément vertical de 64 lux et un éclairément horizontal de 138 lux.

Ces déterminations ont été faites au niveau du cadran à l'aide du luxmètre de Macbeth.

Pour chacun de ces éclairéments nous avons fait deux séries de déterminations en utilisant, sur le chronoscope d'Arnaud, une aiguille noire sur cadran blanc et sur cadran noir. Pour chaque sujet, nous avons donc fait 4 séries de déterminations comprenant 500 mesures chacune. Ces 500 mesures étaient déterminées par groupes de 100, prises généralement dans des séances différentes.

Voici à titre d'exemple, la marche d'une série de 100 mesures.

Sujet J. Lampes de 300 watts. Aiguille noire sur cadran blanc. Temps en centièmes de seconde.

Temps d'attention de	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110
Temps de réaction	19	16	15	16	18	15	15	14	16	15	15
	18	17	16	17	16	15	15	16	17	16	15
	18	18	16	17	15	16	15	17	16	16	17
	21	17	17	18	15	16	17	15	16	16	17
	18	19	16	16	16	17	15	15	17	16	15

Temps d'atten- tion de	110-120	120-130	130-140	140-150	150-160	160-170	170-180	180-190	190-200
Temps de réact	16	16	17	16	15	16	16	15	15
	18	14	16	15	15	16	15	16	17
	17	16	15	14	15	16	15	16	14
	17	15	16	14	17	17	15	15	15
	16	15	15	15	17	16	17	15	15

Dans nos calculs, nous n'avons pas tenu compte des temps d'attention en fonction desquels ces différents temps de réaction étaient obtenus. Il va sans dire que ces chiffres peuvent, d'autre part, servir à une étude spéciale des temps de réaction en fonction de l'attention.

RÉSULTATS

1° *Classification des résultats.* — Pour l'étude de chaque cas particulier, nous avons pris pour chaque sujet une série de 500 mesures réparties en 5 séances successives de 100 déterminations chacune. Nous avons commencé alors à établir des courbes de fréquence pour chaque série de 100 déterminations et nous n'avons pris en considération que les courbes continues ne présentant qu'un seul sommet. La comparaison des différents éclaircissements et cadrans employés a été faite en considérant la variabilité et la rapidité de chaque sujet (1).

Pour nous rendre compte de la rapidité, nous avons calculé la moyenne arithmétique (2) et la médiane (3) de chaque série de 100 déterminations ; nous avons fait ensuite la moyenne des médianes et la moyenne des moyennes arithmétiques pour avoir un chiffre caractéristique de chacune de ces deux normes pour un sujet donné pris dans des conditions expérimentales bien déterminées.

Nous avons étudié la variabilité en calculant pour chaque série de 100 déterminations les écarts à partir de la médiane (4) propre à cette série. Nous avons fait ensuite la moyenne des écarts pour les différentes séries de 100 déterminations pour obtenir un chiffre indiquant l'écart pour la totalité des mesures.

2° *Résultats généraux.* — Ces résultats sont exposés dans les 3 tableaux suivants où les chiffres sont donnés en centièmes de seconde :

(1) Voir A. FESSARD. — Application de la statistique à l'interprétation des résultats de quelques tests. *L'Encéphale*, XXII, 1927, et Les temps de réaction et leur variabilité. Étude statistique. *Année Psychologique*, XXVII, 1926.

(2) On trouve la *moyenne arithmétique* en divisant la somme des différents chiffres obtenus (m) par leur nombre n . $Ma = \frac{\sum m}{n}$. Cette norme tient compte de tous les cas et elle est influencée par la valeur des chiffres extrêmes.

(3) La *médiane* est le chiffre qu'on trouve au milieu de la série des valeurs disposées par ordre de grandeur ; on obtient son rang en divisant par 2 le nombre des résultats augmentés d'une unité. A l'inverse de la précédente, cette norme n'est pas affectée par la valeur des chiffres extrêmes.

(4) Nous avons calculé les écarts à partir de la médiane car : 1° cette norme est moins influencée par les extrêmes que la moyenne arithmétique et 2° c'est la tendance centrale qui rend minimum l'écart moyen.

a) RAPIDITÉ.

α) Moyennes arithmétiques.

Sujets	Aiguille noire sur cadran blanc 1.200 watts	Aiguille noire sur cadran noir 1.200 watts	Aiguille noire sur cadran blanc 300 watts	Aiguille noire sur cadran noir 300 watts
V.	17.055	22.380	18.852	29.892
F.	17.163	21.064	17.764	27.056
R.	16.504	19.788	16.074	20.644
J.		18.030	17.005	20.014

β) Médianes.

Sujets	Aiguille noire sur cadran blanc 1.200 watts	Aiguille noire sur cadran noir 1.200 watts	Aiguille noire sur cadran blanc 300 watts	Aiguille noire sur cadran noir 300 watts
V.	17.25	21.80	18.60	29.70
F.	17.50	22.50	19.00	27.50
R.	17.40	19.90	17.50	21.80
J.		19.40	17.90	20.50

b) VARIABILITÉ.

Écarts de la médiane.

Sujets	Aiguille noire sur cadran blanc 1.200 watts	Aiguille noire sur cadran noir 1.200 watts	Aiguille noire sur cadran blanc 300 watts	Aiguille noire sur cadran noir 300 watts
V.	1.567	2.108	1.464	5.419
F.	1.230	2.123	1.884	2.879
R.	1.873	1.594	2.092	3.401
J.		1.869	1.242	1.362

3^o *Comparaison des résultats obtenus avec ces différentes conditions expérimentales.* — En considérant les deux éclairagements différents et la couleur du cadran employé, on voit qu'on peut considérer comparativement pour chaque sujet une série de 6 combinaisons. Mais nous ne tiendrons compte dans notre étude comparative que des contrastes pouvant offrir un certain intérêt pratique ; ainsi, par exemple, il nous paraît superflu de comparer les chiffres obtenus avec une aiguille noire sur cadran noir, avec un éclairement de 22 lux, à ceux obtenus avec une aiguille noire sur cadran blanc avec un éclairement de 138 lux ; la comparaison n'offre vraiment aucun intérêt. Nous ne prendrons donc en considération que les couples suivants :

a	{	Aiguille noire sur cadran blanc avec des lampes de 1.200 watts.	
		— — — noir — — —	
b	{	Aiguille noire sur cadran blanc avec des lampes de 1.200 watts.	
		— — — — — 300 —	
c	{	Aiguille noire sur cadran noir avec des lampes de 1.200 watts.	
		— — — — — 300 —	
d	{	Aiguille noire sur cadran blanc avec des lampes de 300 watts.	
		— — — noir — — — 300 —	

Remarquons tout de suite qu'à part les différentes conditions expérimentales qu'on a voulu étudier, il a pu y avoir des influences perturbatrices diverses venant fausser les résultats. Commençons par éliminer l'entraînement des sujets qui étaient tous habitués depuis longtemps aux déterminations de temps de réaction visuels avec des appareillages identiques. D'autre part, les différentes déterminations n'ayant pas été faites le même jour, mais par séries de 100 mesures prises à des intervalles de temps plus ou moins grands, c'est ici que des causes perturbatrices pourront jouer au hasard d'une façon plus ou moins marquée (suivant que le sujet sera plus ou moins fatigué et aussi suivant d'autres causes moins déterminées). Il y aura donc une *variabilité fortuite* qui s'ajoutera à la variation provoquée par les conditions expérimentales à étudier. Comment faire pour essayer de tenir compte de cette cause d'erreur ?

Nous savons que, d'une façon générale, la confiance qu'on peut avoir dans un résultat statistique croît comme la racine carrée du nombre de cas d'où il est tiré ; l'ordre de grandeur de l'erreur à craindre d'une moyenne provenant d'une série de déterminations s'obtiendra en divisant la variabilité par la racine carrée du nombre de déterminations suivant la formule :

Erreur sur la moyenne = $\frac{V}{\sqrt{n}}$, dans laquelle V représente la variabilité et n le nombre total de déterminations. Pour chaque série de 500 déterminations, l'erreur à craindre sera donnée par la formule de plus haut. Quand on voudra comparer deux séries de déterminations

prises dans des conditions expérimentales différentes et représentées par les moyennes M_1 et M_2 , c'est-à-dire considérer leur différence, nous aurons une erreur à craindre sur cette différence. Cette erreur pourra

être représentée par la formule $\sqrt{\frac{v_1^2}{n_1} + \frac{v_2^2}{n_2}}$, v_1 et v_2 étant les écarts,

n_1 et n_2 le nombre de déterminations dans chacune des séries M_1 et M_2 . Or, il est peu probable que la variabilité fortuite dépasse cette erreur à craindre sur la différence des deux moyennes M_1 et M_2 . Selon la convention habituelle, nous appliquerons un coefficient de sécurité de 3 afin que la différence observée puisse, d'une façon à peu près certaine, être mise au compte des contrastes à étudier. Il faudra donc que

$$M_2 - M_1 \geq 3 \sqrt{\frac{v_1^2}{n_1} + \frac{v_2^2}{n_2}}$$

M_2 et M_1 seront les médianes des 2 séries de 500 déterminations prises dans des conditions bien déterminées qu'on se propose de comparer, v_1 et v_2 les écarts calculés à partir de la médiane pour M_1 et M_2 (1), n_1 et n_2 étant le nombre de déterminations dans chaque cas.

a) Comparaison de deux éclairagements différents, les conditions expérimentales restant les mêmes (même couleur du cadran du chronoscope) ; on aura donc 2 cas à considérer, suivant que le cadran employé a été blanc ou noir.

α) *Aiguille noire sur cadran blanc avec lampes de 1.200 et de 300 watts.*

Sujets	Lampes (watts)	Rapidité		Variabilité E_{me}	$M_2 - M_1$	$3\sqrt{\frac{v_1^2}{n_1} + \frac{v_2^2}{n_2}}$
		M_a	M_c			
V.	1.200	17.055	17.25	1.567	1,35	0,39
	300	18.852	18.60	1.464		
F.	1.200	17.163	17.50	1.230	1,50	0,27
	300	17.764	19.00	1.884		
R.	1.200	16.504	17.40	1.873	0,10	0,27
	300	16.074	17.50	2.092		

Le tableau montre une légère diminution de la rapidité pour les sujets V et F quand on passe d'un éclairement fort à un éclairement faible ;

(1) Ce calcul se fait d'habitude à partir de l'écart étalon (σ), mais on peut aussi bien, sans modifier l'ordre de grandeur, faire ce calcul à partir de l'écart considéré (écart de la médiane).

cette diminution est insignifiante chez R. La variabilité se trouve augmentée chez les deux derniers sujets ; en revanche, elle est légèrement diminuée chez le premier. $M_2 - M_1$ est plus grande que 3 fois l'erreur à craindre dans les deux premiers cas ; dans le troisième, la variabilité fortuite aura pu intervenir au même titre que la différence d'éclairement qu'on a voulu étudier. Nous pouvons dire en résumé que ces résultats, étant assez hétérogènes, il est difficile d'en tirer une conclusion d'ensemble et que si le changement d'éclairement a une influence sur les temps de réaction, cette influence, dans les conditions considérées, est assez limitée et variable suivant les sujets considérés.

3) *Aiguille noire sur cadran noir avec des lampes de 1.200 et de 300 watts.*

Sujets	Lampes (watts)	Rapidité		Variabilité E_{me}	$M_2 - M_1$	$3\sqrt{\frac{v_1^2}{n_1} + \frac{v_2^2}{n_2}}$
		Ma	Me			
V.	1.200	22.380	21.80	2.108	7,90	0,99
	300	29.892	29.70	5.419		
F.	1.200	21.064	22.50	2.123	5,00	0,48
	300	27.056	27.50	2.879		
R.	1.200	19.788	19.90	1.594	1,90	0,26
	300	20.644	21.80	3.401		
J.	1.200	18.030	19.40	1.869	1,10	0,30
	300	20.014	20.50	1.362		

Il y a ici une différence très nette entre les deux éclairements. Cette différence se manifeste par une augmentation sensible de la rapidité (Ma et Me) et, pour les trois premiers sujets, par un accroissement de la variabilité. Pour le quatrième sujet on remarque, au contraire, une diminution de cette dernière norme. D'autre part, les deux dernières colonnes nous montrent que les différences observées sont bien dues à la différence d'éclairement et non à la variabilité fortuite, car la différence $M_2 - M_1$ est de beaucoup supérieure à 3 fois l'erreur à craindre.

Pour résumer les résultats obtenus avec les deux éclairements différents, on peut dire, en comparant les deux tableaux qui précèdent, que cette différence s'est manifestée d'une façon certaine pour l'étude sur cadran noir. Il y a là une diminution sensible de la rapidité et, pour 3 sujets, une augmentation de la variabilité. En revanche, la différence d'éclairement a beaucoup moins joué pour les cadrans blancs ; on pourrait même dire, en considérant l'hétérogénéité des résultats, que cette différence est assez variable quand on passe d'un sujet à l'autre.

b) Comparaison de deux cadrans différents (blanc et noir) pour un même éclairement. Il y aura ici aussi deux cas à considérer, suivant que les lampes employées ont été de 1.200 ou de 300 watts.

*α) Aiguille noire sur cadran blanc et sur cadran noir
avec des lampes de 1.200 watts.*

Sujets	Aiguille et cadran employés	Rapidité		Variabilité E _{me}	M ₂ — M ₁	$3\sqrt{\frac{v_1^2}{n_1} + \frac{v_2^2}{n_2}}$
		Ma	Me			
V.	N/B	17.055	17.25	1.567	4,55	0,42
	N/N	22.380	21.80	2.108		
F.	N/B	17.163	17.50	1.230	7,00	0,33
	N/N	21.064	22.50	2.123		
R.	N/B	16.504	17.40	1.873	2,50	0,30
	N/N	19.788	19.90	1.594		

Il y a des différences sensibles suivant le cadran employé, à savoir : une diminution notable de la rapidité pour tous les sujets et une augmentation de la variabilité pour les deux premiers sujets ; en revanche, on remarquera une légère diminution de cette dernière chez le troisième sujet. M₂ — M₁ étant de beaucoup supérieure à 3 fois l'erreur à craindre, les différences observées semblent être bien dues à la différence de couleur du cadran.

*β) Aiguille noire sur cadran blanc et sur cadran noir
avec des lampes de 300 watts.*

Sujets	Aiguille et cadran employés	Rapidité		Variabilité E _{me}	M ₂ — M ₁	$3\sqrt{\frac{v_1^2}{n_1} + \frac{v_2^2}{n_2}}$
		Ma	Me			
V.	N/B	18.852	18.60	1.464	11,10	0,72
	N/N	29.892	29.70	5.419		
F.	N/B	17.764	19.00	1.884	8,50	0,42
	N/N	27.056	27.50	2.879		
R.	N/B	16.074	17.50	2.092	4,30	0,54
	N/N	20.644	21.80	3.401		
J.	N/B	517.00t	17.90	1.242	2,60	0,30
	N/N	20.014	20.50	1.362		

La différence est très marquée quand on passe du cadran blanc au cadran noir ; elle consiste en une diminution notable de la rapidité et une augmentation très marquée de la variabilité pour les trois premiers sujets tout au moins.

Si l'on compare maintenant les résultats obtenus avec les changements de cadrans, on constate que les différences sont beaucoup plus marquées quand on emploie un faible éclairément. Ces différences portent à la fois sur la rapidité et la variabilité des temps de réaction d'un sujet donné.

CONCLUSIONS. — Nous avons étudié les temps de réaction visuels au départ de l'aiguille d'un chronoscope d'un modèle spécial. Cette étude a été faite en employant une aiguille noire sur cadran blanc et sur cadran noir ; on utilisait deux éclairéments différents, 28 et 138 lux (éclairage horizontal au niveau du cadran).

I. — La comparaison des deux éclairéments différents, la couleur du cadran restant la même, a montré des différences dans les temps de réaction visuels :

a) Ces différences étaient peu marquées avec aiguille noire sur cadran blanc ;

b) Au contraire, avec aiguille noire sur cadran noir, il y a eu une diminution notable de la rapidité et augmentation de la variabilité quand l'éclairément diminue.

II. — La comparaison de deux cadrans de couleur différente (blanche et noire) avec un même éclairément a montré une diminution de la rapidité et une augmentation de la variabilité des temps de réaction visuels, quand on passe du cadran blanc au cadran noir, variations beaucoup plus accentuées avec un faible éclairément.

OUVRAGES CONSULTÉS

CLAPARÈDE (Ed.). — Les temps de réaction et la psychologie appliquée.

(*Archives de Psychologie*, 1925, t. XIX, n° 76.)

DARMOIS (G.). — *Statistique mathématique*. Paris, 1928 (Gaston Doin).

FESSARD (A.). — Les temps de réaction et leur variabilité. Étude statistique.

(*Année Psychologique*, 1926, XXVII.)

— Application de la statistique à l'interprétation des résultats de quelques tests. (*L'Encéphale*, 1927, t. XXII.)

JENKINS (N. Thos.). — Facilitation and Inhibition. (*Arch. of Psych.*, 1926, n° 86.)

POTTEVIN (H.) et FAILLIE (R.). — Variations du temps de réaction psychomotrice visuelle en fonction de l'éclairément. (*C. R. Ac. Sc.*, 1928, t. CLXXXVI.)

